

IMPLEMENTACIÓN DEL MÉTODO DE MONITOREO Y ANÁLISIS DE OLORES OFENSIVOS EN DOS LOCALIDADES DEL VALLE DE ABURRÁ AFECTADAS POR EL PROCESADO DE SEBO

Frank Eddilson Ospina Giraldo
Universidad Pontificia Bolivariana

Gloria Estella Ramírez Casas
Área Metropolitana del Valle de Aburrá

María Victoria Toro G.
Universidad Pontificia Bolivariana

Recibido: mayo 12, 2011 Aceptado: noviembre 11, 2011

Pág. 185-199

Resumen

Muchas de las quejas por contaminación que llegan a las autoridades ambientales en las principales ciudades son el resultado de la percepción de malos olores emitidos por empresas que tienen como materia prima residuos que por lo general llegan en estado de descomposición. Tal es el caso de las empresas productoras de sebos, las cuales usan los residuos que dejan las plantas de sacrificio y las carnicerías para la extracción de grasas que sirven para la obtención de jabones y harinas para la fabricación de alimento para animales. Este estudio se enfocó en la elaboración de una metodología que sirva para la medición de la intensidad, frecuencia y tono hedónico en los sitios de inmisión de olores ofensivos provenientes de fuentes fijas, difusas aireadas y no aireadas, con el propósito de verificar las molestias que los compuestos olorosos causan sobre los receptores.

Palabras claves: tono hedónico, frecuencia, carácter, intensidad del olor, unidades D/T, olfatómetro, olfatometría, inspección de campo, metodología de la pluma, extensión de la pluma, sustancias generadoras de olor.

Abstract

Many pollution complaints reaching environmental authorities in important cities are because of the offensive odors perceived from factories whose raw material waste usually arrives in decomposition state. Such is the case of producers of tallow, which use the residues from fridges and butcheries to renderers that are used for the production of soaps and flour for the manufacture of animal feed. This study focused on obtaining a methodology that serves to measure intensity, frequency, and hedonic tone on immission sites of offensive odors emitted by fixed sources, aerated and non-aerated diffuse sources, with the purpose of verifying nuisance caused by odorous compounds on the receptors.

Keywords: Hedonic tone, frequency, character, intensity of odor, D/T units, olfactometer, olfactometry, field inspection, plume methodology, plume spread, odor generating substances.

1 Introducción

La olfatometría ha sido usada aproximadamente por cuatro décadas para la evaluación de los olores ofensivos provenientes de diferentes fuentes en muchos lugares del globo terráqueo¹. En general existen dos líneas de medición, una que está enfocada a la evaluación de la emisión, es decir medición directamente en la fuente y la otra orientada a la evaluación de los niveles de olor en las áreas receptoras². La metodología que se usó para la evaluación del olor se basó en la olfatometría de campo; ésta sirvió para hallar los parámetros del olor proveniente de dos empresas productoras de sebos ubicadas en el Valle del Aburrá y verificar de esta manera la repetibilidad en las medidas durante tres monitoreos continuos que constaron cada uno de 5 días y que fueron realizados de la siguiente forma: i. primer monitoreo del 8 al 15 de junio del 2010 en el barrio Machado, municipio de Copacabana, ii. Segundo monitoreo del 16 al 22 de junio del 2010 repitiendo sobre el barrio Machado y iii. Tercer monitoreo del 23 al 29 de junio del 2010 en el barrio Guayabal.

Para llevar a cabo los monitoreos se creó un protocolo de medida que muestra el procedimiento para evaluar los parámetros del olor (frecuencia, tono hedónico, intensidad y carácter) basado en la metodología de la pluma DIN3940³, protocolo que es usado en Alemania para la evaluación de las molestias olfativas ambientales.

2 Olfatometría

La olfatometría es la metodología más aceptada en el mundo para la evaluación de los olores ambientales⁴. Ésta se usa tanto para la evaluación de la emisión como de la inmisión⁵.

El protocolo realizado para la evaluación del olor ambiental de las empresas productoras de sebo se basó en la olfatometría de campo, metodología usada para la evaluación de la inmisión de las mezclas que producen molestia olfativa⁶.

A continuación se expone los parámetros del olor⁷ evaluados por medio de la metodología:

-
- ¹ Van Harreveld, A.P., 2003, "Odour Regulation and the History of Odour Measurement in Europe", Barcelona, Spain, pp.54-61
 - ² Capelli L, Sironi S, Del Rosso R, Centola P, Grande M II (2008) A comparative and critical evaluation of odour assessment methods on a landfill site. *Atmospheric Environment* 42, 7050-7058
 - ³ Norma Alemana VDI 3940 PARTE 2. Feb 2006, Medida del impacto de olor por inspección de campo del impacto de la frecuencia de olores reconocibles- medida de la pluma. Pag 24, Alemania.
 - ⁴ Jacobson L., Hetchler B., Schmidt D., Nicolai R., Heber A., Ni Ji Quin, Hoff S., Koziel J., Zhang Y., Beasley D., Parker D., Quality Assured Measurements of Animal Building Emissions: Odor Concentrations *Journal of the Air & Waste Management Association*, EU, Volume 58 Jun 2008, Pg. 806-810
 - ⁵ Güvener H., Investigation of Odorous Emissions and Immissions in Ankara With Olfactometer, Trabajo de Grado, Turquía, July 2004.
 - ⁶ Brandt, R.C.; Johnston, T.E.; Toffey, W.; Golembeski, J., Use of Field Olfactometry for Quantification of WWTP Dewatering Facility Odor Emissions, *WEFTEC*, 2009:, pg. 4644-4661.

• **Frecuencia⁸**: medida del número de veces que es reconocido el olor durante 10 minutos sobre un punto de medición. El cociente de las respuestas positivas y el número de muestras realizadas (60) es la frecuencia del olor (Ver ecuación 1).

$$\%h = \frac{(\text{N}^\circ \text{Veces que el Olor es Reconocido})}{60} \times 100 \quad (\text{Ecuación 1})$$

• **Intensidad⁹**: medida de la fuerza con la que es percibido el olor. Esta medida se realiza por medio del *olfatómetro* de campo (ver fotografía 1), el cual posee rangos de diluciones 2, 4, 7, 15, 30 y 60 D/T, las cuales son las unidades discretas de esta medida.



Figura 1 Olfatómetro de campo

• **Tono hedónico del olor¹⁰**: medida del agrado y desagrado que el panelista tiene hacia el olor. Esta se puede evaluar por medio de una escala de intensidades que va desde -5 a 5, donde 5 es valor que se le da al olor cuando es agradable y fuerte y -5 cuando es desagradable e igualmente fuerte. La tabla 1 muestra las evaluaciones de las demás números de la escala.

Tabla 1 Escala de intensidades para la evaluación del tono hedónico

Grado	Intensidad
0	Sin olor
1	Muy leve
2	Débil
3	Fácilmente notable
4	Fuerte
5	Muy Fuerte

⁷ St. Croix Sensory, Inc. 1997. Measuring and Quantifying Odors. American Society of Agricultural Engineers Continuing Professional Development Course #17. Minneapolis Convention Center. August 13, 1997.

⁸ Zarra T., Naddeo V., Giuliani S., Belgiorno V., Optimization of Field Inspection Method for Odour Impact Assessment, Chemical Engineering Transactions, Italia, Vol 23, 2010.

⁹ Zhang Q., Feddes J.J.R., Edeogu I.K., Zhou X.J., Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers, Canadian Biosystems Engineering Canada Vol 44, Pg 6.27- 6.32.

¹⁰ McGinley C., McGinley D., Odor Basics: Understanding and Using odor Testing, St. Croix sensory Inc, Hawaii Jun 2000.

• **Carácter del olor¹¹**: parámetro por el que los panelistas reconocen el olor, este se puede hallar haciendo la pregunta entre el grupo de panelistas ¿a que huele?

La olfatometría ha sido la solución que el mundo le ha dado al control de los olores ambientales ofensivos, ya que inicialmente se creía que controlando las sustancias que podían generar dicho olor se minimizaba la afectación, pero esto fue un procedimiento incorrecto por la presencia de más de 60 sustancias dentro de una mezcla olorosa de las cuales no se ha podido comprobar sus sinergismos y antagonismos que hacen que generen las reacciones sobre el olfato humano.

3 Protocolo

Para llevar a cabo una medición de la inmisión del olor por olfatometría de campo se deben seguir los siguientes pasos:

- i. **Visita previa al lugar de monitoreo.** El coordinador de la medida debe hacer una visita al lugar donde se hará la medición para verificar los parámetros de seguridad de las personas encargadas del monitoreo, la ubicación de los puntos de medición y el acceso a ellos.
- ii. **Medición.** Para realizar la medición se deben de seguir los siguientes pasos:
 - Una vez se llega al campo de monitoreo se debe caracterizar el olor. Es decir, los panelistas y el coordinador deben ponerse de acuerdo sobre como llamarán el olor que desean evaluar. Esto se hace con el fin de diferenciarlo de otros olores que puedan estar en el campo y que puedan interferir con las mediciones.
 - Luego se halla la extensión de la pluma o el área de impacto, es decir el área donde posiblemente se pueda percibir el olor. En el sitio más alejado de la fuente, donde aún es percibido, se ubican los puntos de medición de forma tal que formen una línea perpendicular al eje de la pluma (ver figura 2).
 - Una vez que los olfateadores estén ubicados en los puntos de medición sobre la línea de intercepción empiezan a tomar las muestras para el cálculo de la frecuencia o porcentaje tiempo del olor durante los primeros 10 minutos de comenzar la medición.
 - Al terminar la medición anterior deben reposar 10 minutos antes de comenzar la evaluación del olor con el Nasal Ranger.
 - Se realizan dos mediciones con el olfatómetro de campo dentro de la hora de medición, la primera a los 10 minutos de terminar la evaluación del porcentaje tiempo del olor y la segunda a los 30 minutos.

¹¹ Madany A., Chee-Ruiter C., Hofmann U., Bowe J, Quantifying olfactory perception: mapping olfactory perception space by using multidimensional scaling and self-organizing maps, ELSEVIER, 2002 Pg 591 - 597

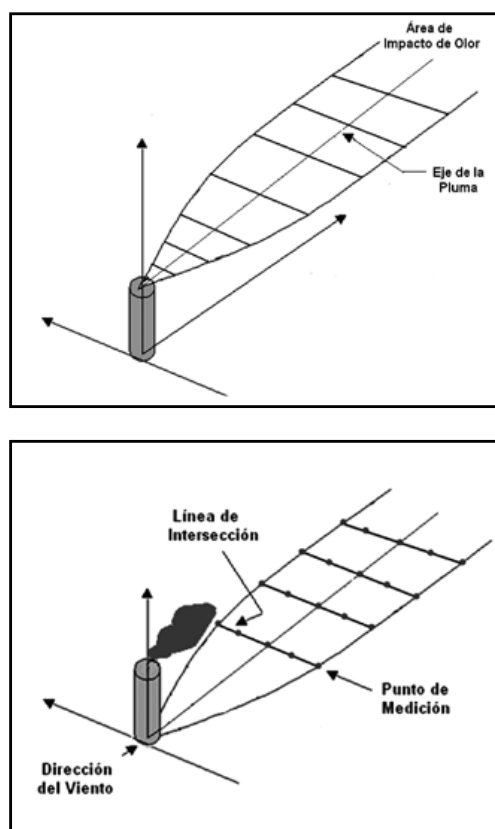


Figura 2 Extensión de la pluma y ubicación de los puntos de medición

- Por último el olor es evaluado por su tono hedónico es decir caracterizar la muestra por la escala de intensidad especificada en la tabla 1.
- Este procedimiento se repite en la hora siguiente de haber realizado la primera medida de la frecuencia del olor sobre la línea de intersección siguiente más cercana a la fuente de emisión. No es necesario que esta medida se haga en un orden definido, es decir es posible hacer la medición de líneas más cercanas a la fuente.
- En total durante el día se deberían medir 6 líneas, para completar 30 durante cinco días. En ocasiones estos tiempos no se cumplen por la presencia de lluvias en el sector de medición, aun así es necesario que se dé el cumplimiento de la medición del total de las líneas (30) durante más días de monitoreo.

iii. Análisis de los resultados. Cada uno de los parámetros se analizan para compararlos con algunos estándares regulados en Europa y Estados Unidos, por ejemplo en Alemania se usa la frecuencia del olor para caracterizar las zonas de inmisión según la siguiente tabla¹²:

¹² *GUIDELINE ON ODOUR IN AMBIENT AIR* / GOAA, Determination and assessment of odour in ambient air. [en línea]. Alemania: GOAA, 1999. [consulta: 10 de junio 2010] <Disponible en: http://www.lanuv.nrw.de/luft/gerueche/GOAA_200303.pdf>

Tabla 2 *Estándares de la frecuencia del olor en Alemania*

Zonas residenciales	Zonas mixtas o industriales
10%	15%

La intensidad del olor, es usada principalmente en algunas ciudades de USA para el control de olores, por ejemplo en Colorado tiene un estándar de 2 D/T para zonas residenciales, 7 D/T en el perímetro de la fuente emisora y 15 D/T para otros usos¹³.

El tono hedónico no es regulado ya que esta es una medida subjetiva por la cual se conoce el agrado o desagrado que cada panelista siente hacia el olor. aun así esta medida es interesante hacerla ya que muestra los juicio de un panel estandarizado según la norma EN 13725¹⁴.

4 Medición de los parámetros del olor

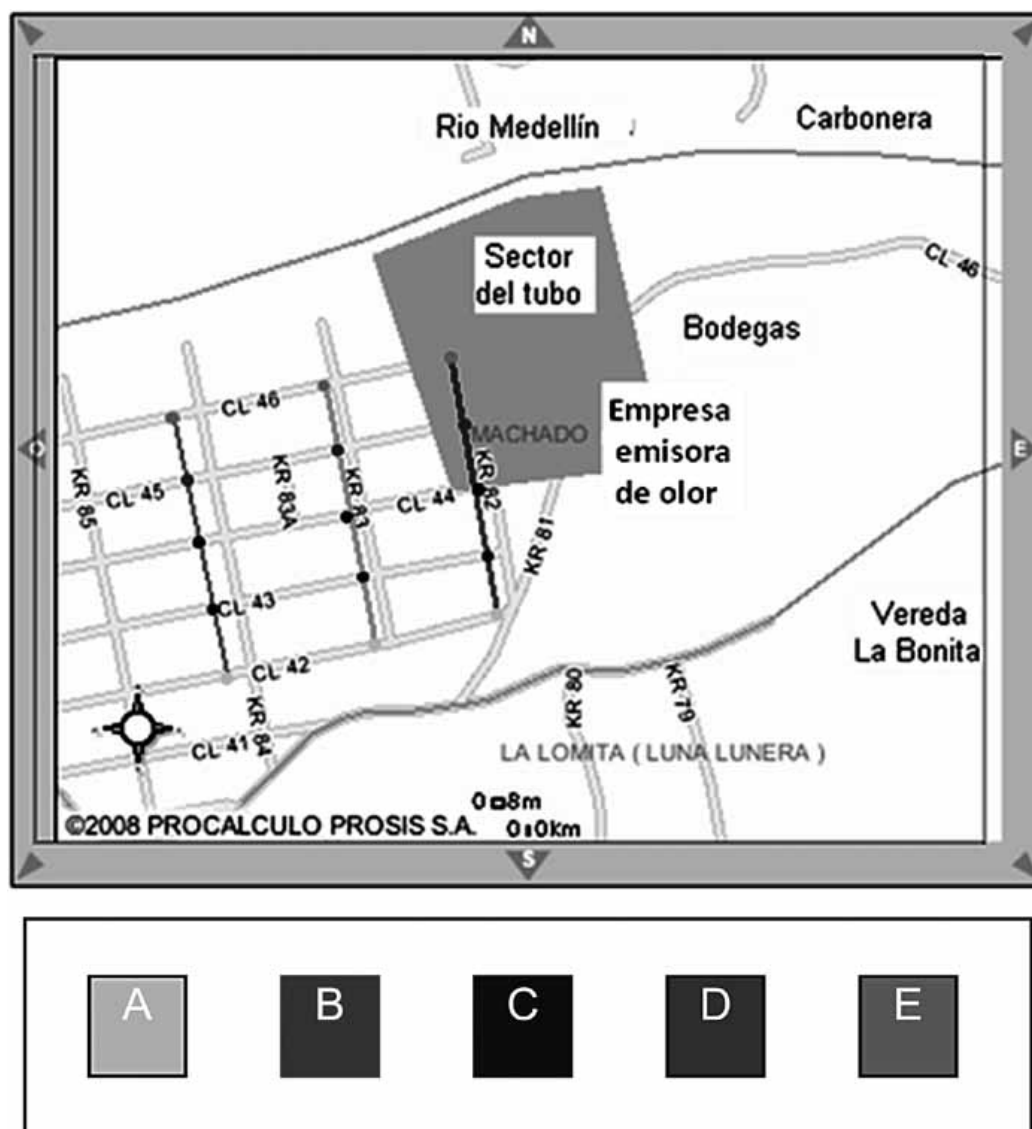
En este proyecto se hicieron tres monitoreos, dos en el barrio Machado y uno en Guayabal, sobre empresas cuya actividad es la extracción de grasas para la elaboración de jabones y harinas para la fabricación de comida para animales. Los parámetros medidos mostraron tendencias similares, reportando la reproducción y repetividad del método de medición. Este análisis fue realizado gráficamente, debido a que todas las medidas de los parámetros del olor son discretas mostrando con mayor claridad el fenómeno.

Las líneas de intersección en el barrio Machado del municipio de Copacabana, fueron ubicadas en las carreras 82, 83 y 84 de la forma como muestra el mapa 1 Cada uno de los puntos de medición, (los cuales son los lugares donde son ubicados los panelistas durante el periodo de monitoreo), son representados por medio de colores para facilitar la comprensión de la medición.

Sobre el punto de monitoreo fueron hallados diferentes tipos de olores a los cuales se les halló la frecuencia o el porcentaje tiempo del olor para verificar cual era el carácter más percibido por los panelistas en el área. Es importante resaltar que los panelistas calificaron el olor que se deseaba estudiar (olor principal), como curtiembre, aun cuando el curtido no es el proceso que se desarrolla dentro de las instalaciones. Al indagar por la razón de esta decisión, se llegó a la conclusión de que ellos eligieron este nombre porque una de las acciones que más produce olor en las seberías y curtiembres es el descargue de la materia prima la cual lleva un proceso de descomposición similar y puede llegar a generar olores parecidos para el olfato de las personas.

¹³ SOCIOINGYNERIA S.L. Normativas: criterios de molestia por olores.[en línea]. Estados Unidos: Socioingeniería S.L., 2006. [consulta: 14 de abril de 2010] <Disponible en: <http://www.socioeng.com/wordpress/wp-content/uploads/2006/08/criteriosmolestiamalosolores-2006.pdf>>

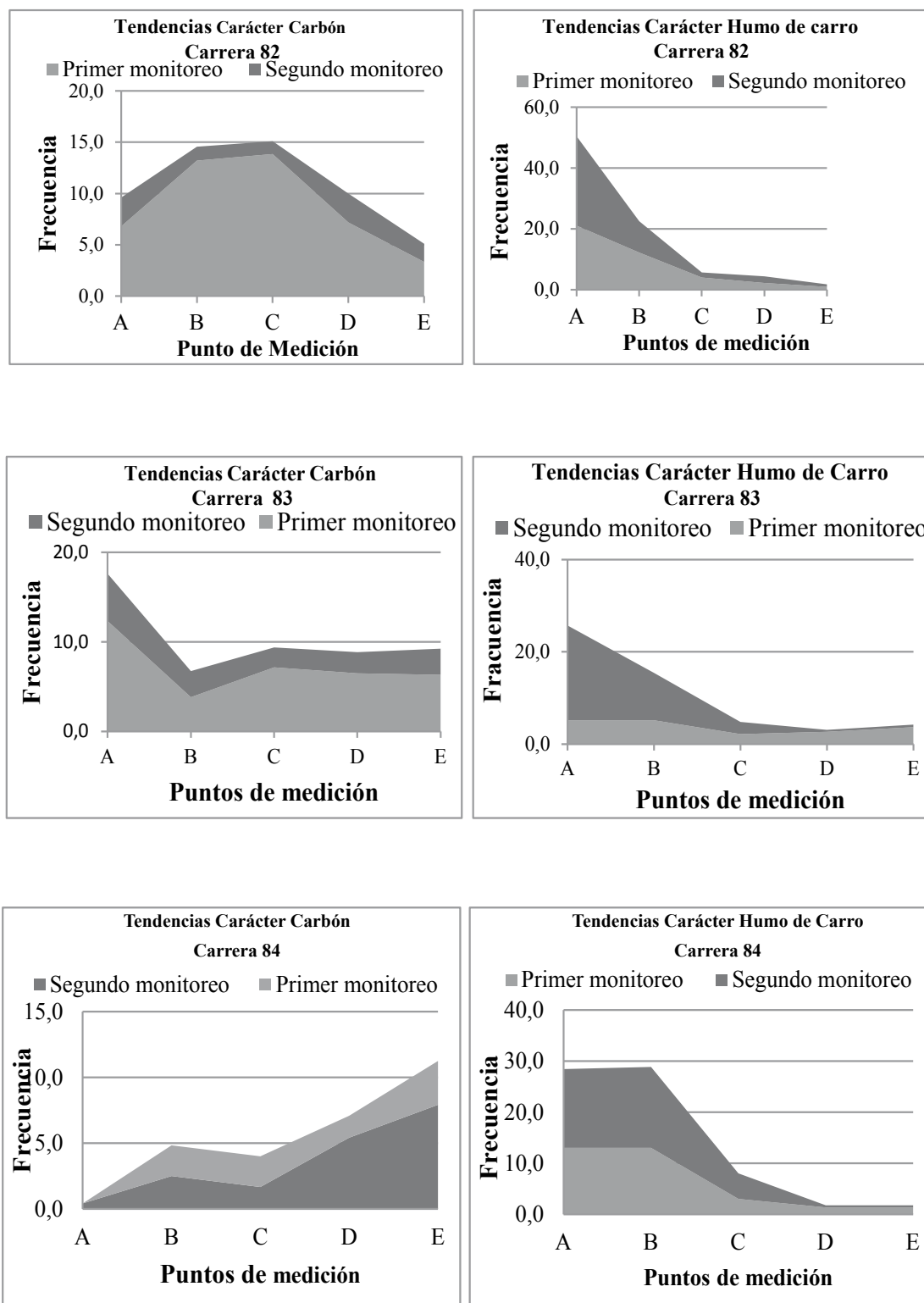
¹⁴ Comité Europeo de Estandarización, NORMA ESPAÑOLA CEN 13725:2003. Calidad del aire Determinación de la Concentración de Olor por Olfatometría Dinámica. [Recurso electrónico].

Mapa 1 Líneas de intersección para medición del olor en el barrio Machado

Comparando los monitoreos consecutivos realizados sobre el barrio Machado para cuantificar los diferentes parámetros del olor provenientes de la empresa ubicada en este sector, se observa que algunos puntos de medición tienen una tendencia similar, especialmente para las propiedades frecuencia e intensidad, las cuales sirven para verificar si hay molestia olfativa por causa de un olor ambiental.

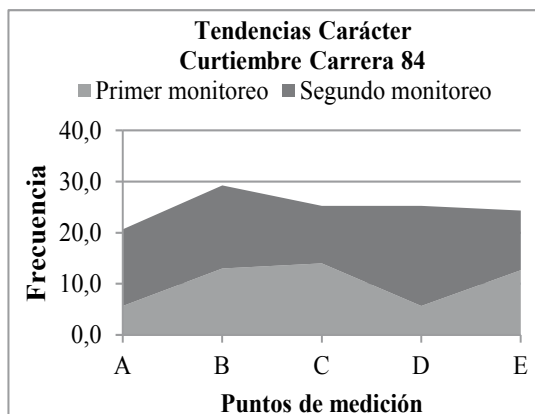
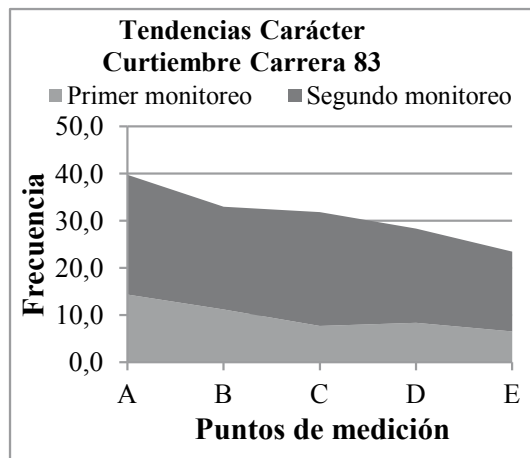
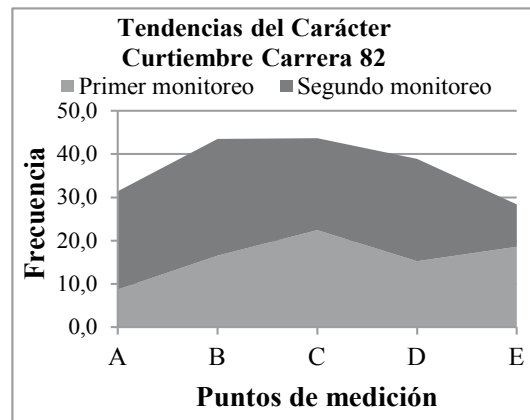
Si se comparan los gráficos de las frecuencias del olor a humo de carro y carbón para las diferentes líneas de intersección de los dos monitoreos olfatométricos realizados sobre el barrio Machado (Ver figura 3), se observa que estos presentaron una tendencia cuasi equivalente en las evaluaciones. Estos resultados se dan debido a sucesos constantes que ocurren en los lugares donde se generan estos olores; por ejemplo el olor a humo de carro, era generado por el estacionamiento continuo de los buses de la ruta Machado cerca de los puntos A y B, de la línea de intersección de la carrera 82. Mientras que para el olor a carbón este era percibido constantemente en el lugar, lo que indica que el proceso que lo generaba presentaba características continuas.

Figura 3 Tendencias del Parámetro frecuencia para los caracteres carbón y humo de carro sobre detectados sobre el barrio Machado



En las medidas de la frecuencia del carácter curtiembre la tendencia más parecida se dio para las líneas de intersección de la carrera 83 y para los puntos de medición A y B de las demás líneas realizadas sobre el lugar (ver figura 4). Los puntos de medición C, D, E de las carreras 82 y 84, presentaron una tendencia variable para el carácter curtiembre.

Figura 4 Tendencias del parámetro frecuencia del olor para el carácter curtiembre emitidos sobre el barrio Machado



La razón por la que el parámetro frecuencia no presentó una tendencia similar para el carácter curtiembre, se dio posiblemente porque el proceso que se lleva a cabo dentro de la curtiembre ubicada en Machado no es continuo. Además, existen otros tipos de caracteres que pueden contener los mismos compuestos de generación de olor dentro de sus mezclas, permitiendo una posible interferencia cuando se hacía la medición. Por ejemplo los olores a cañería y boñiga son emitidos igualmente sobre este lugar.

Si se observa la Figura 5, se nota que el parámetro intensidad del carácter curtiembre presenta una tendencia similar para el total de las medidas realizadas sobre el barrio Machado. Esto quiere decir que independientemente de cuál haya sido su frecuencia, la concentración en unidades D/T con la que fue percibido este olor tiene equivalencia en todos los puntos de medición para los dos monitoreos.

También se observa que los puntos de medición B, C, D, y E fueron donde más se percibió el olor curtiembre en los dos monitoreos realizados. Además, muestra que durante el segundo monitoreo las intensidades fueron más altas que en el primero.

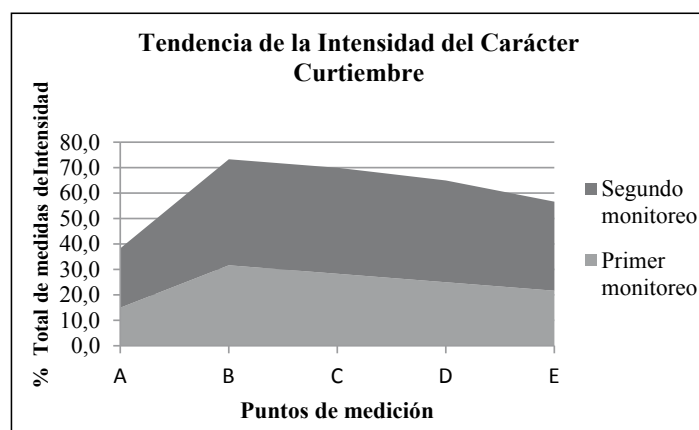
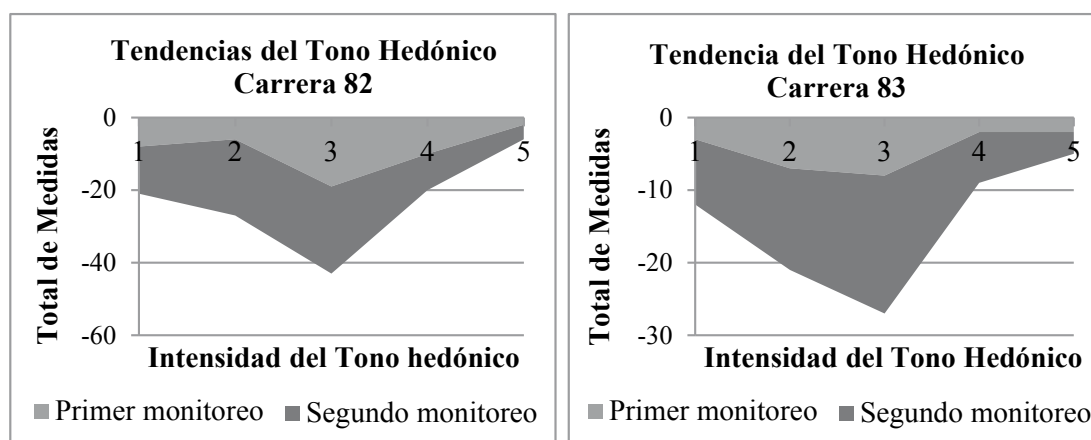


Figura 5 Tendencias de la Intensidad del carácter curtiembre para los monitoreos sobre el barrio Machado

Al igual que la intensidad, el tono hedónico evaluado del olor curtiembre también reveló que las tendencias de los monitoreos realizados sobre el barrio Machado fueron similares (Ver Figura 6).



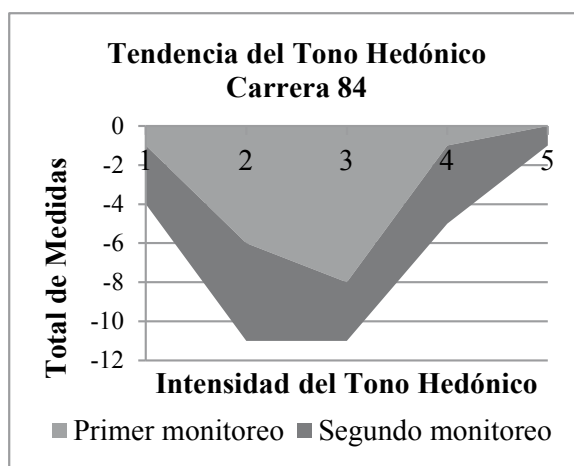


Figura 6. Tendencia del tono hedónico del olor curtiembre durante los monitoreos sobre el barrio Machado

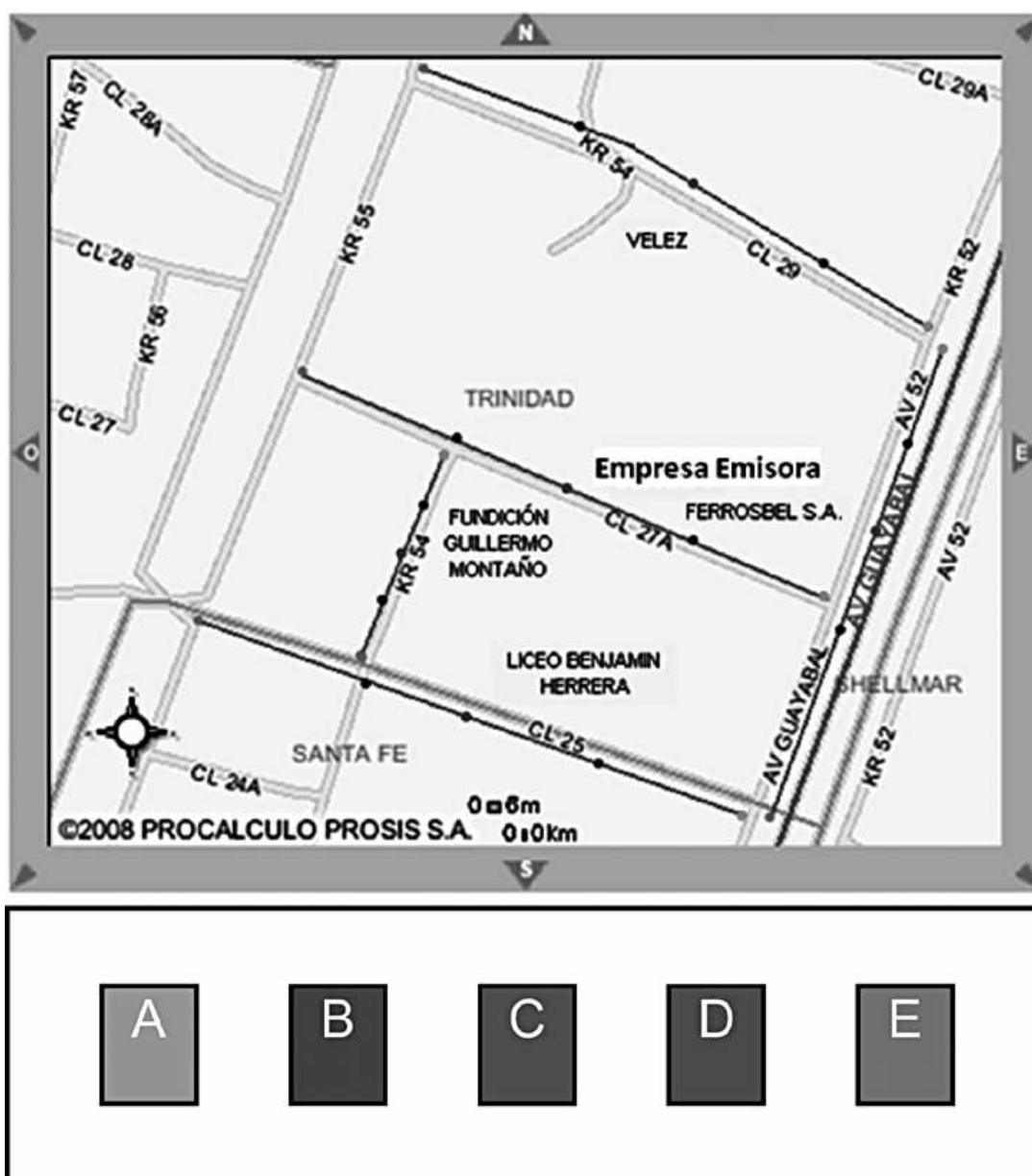
El eje x en los recuadros de la Figura 6 muestra la escala de niveles del tono hedónico las cuales evalúan el olor según los valores de la tabla 1. Comparando la tabla y la figura, se observa que el olor a curtiembre presenta un valor -3 para la mayoría de las mediciones. Esto indica que el carácter es fácilmente notable en la mayoría de los puntos de medición y que además fue calificado como desagradable por los panelistas durante los dos monitoreos.

Las líneas de intersección para la medición del olor característico de la empresa ubicada en Guayabal fueron ubicadas de la siguiente forma (ver mapa 2):

- Carrera 54: Entre las calles 27A y 25
- Carrera 52: Entre las calles 29 y 25
- Calle 29: Entre las carreras 52 y 55
- Calle 27A: Entre las carreras 52 y 55
- Calle 25: Entre las carreras 52 y 55

Su ubicación se debió a las barreras estructurales que existen en el sector, permitiendo que éstas formen una malla cuyos nodos se convierten en los puntos de medición. En el mapa 2 son representados con puntos de colores que van de la posición A a la E.

Si se comparan los valores olfatométricos de la inmisión del olor obtenidos durante los monitoreos realizados en el barrio Machado, con los resultados de la evaluación del carácter curtiembre sobre los sitios cercanos a la empresa medida en el barrio Guayabal, se observa que no es posible realizarse una confrontación calle por calle debido a las diferencias estructurales en las que están ubicadas cada una de las empresas. Estas diferencias son las que condicionan el posicionamiento de las líneas de intersección, permitiendo que la ubicación de los puntos de medición sea diferente para los barrios Machado y Guayabal.



Mapa 2. Ubicación de las líneas de intersección en el barrio Guayabal

Aun así, es posible comparar los valores olfatométricos globales obtenidos del olor en cada empresa (ver figura 7). Según éstos, se observa que las tendencias para los tres parámetros olfométricos (intensidad, frecuencia y tono hedónico) del carácter curtiembre tienen similitud en la mayoría de los puntos de medición, y que los valores más altos de la intensidad del olor se dieron para la posición B de todas las líneas de intersección de los tres monitoreos.

Comparando la figura 7 con la tabla 1 se observa que el nivel del tono hedónico que más se repite es el 3, es decir el olor curtiembre es fácilmente notable y como los valores del gráfico se encuentran por debajo del cero en el eje “y”, entonces se puede decir que este carácter es evaluado como desagradable en los dos sitios de medición

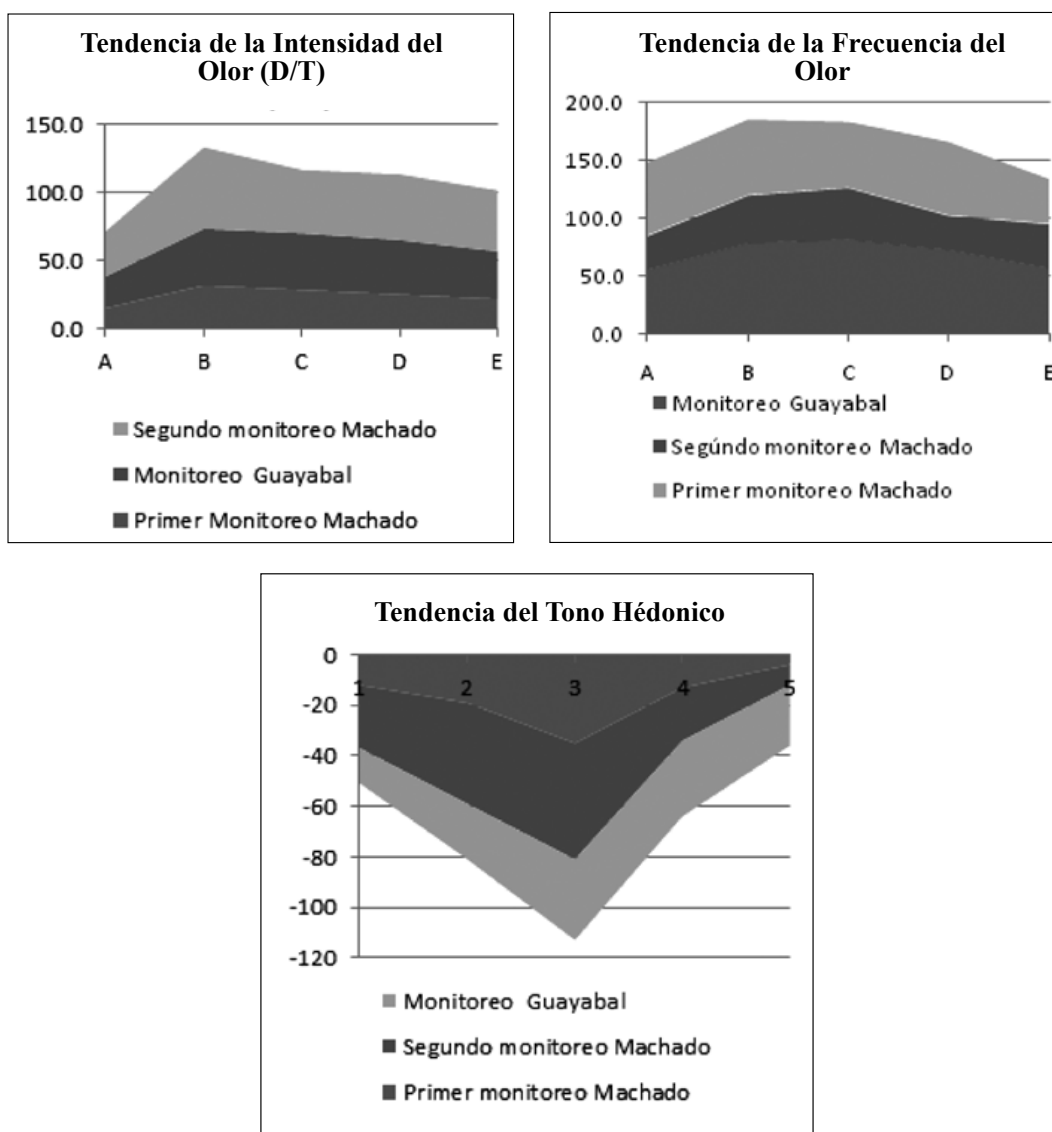


Figura 7 Valores olfatométricos del olor curtiembre obtenidos en los Barrios Machado y Trinidad

5 Conclusiones

El parámetro frecuencia se reprodujo para los caracteres carbón y humo de carro durante los dos monitoreos al barrio Machado. El olor curtiembre no muestra una tendencia similar para este parámetro, sobre cada una de las líneas de intersección realizadas en los dos periodos de medida, debido a que proviene de un proceso no continuo. Aun así, se pudo constatar de forma global (para todo el sitio de monitoreo) que este carácter era más frecuente entre las posiciones B y C de las líneas de intersección monitoreadas.

La intensidad del olor curtiembre muestra similitud entre los dos monitoreos olfatométricos realizados al barrio Machado. Esto indica que cuando el olor es hallado con el olfatómetro de campo, se percibe con valores D/T similares sobre cada uno de los puntos de medición.

Aunque no es posible comparar los parámetros del carácter curtiembre hallados por línea de intersección para los dos lugares de monitoreo (Machado y Guayabal), se puede cotejar los valores de una forma global, es decir para todo el sitio. Según esta confrontación se halló que el olor fue más frecuente entre las posiciones B y C del total de las líneas de intersección realizadas en los dos barrios. Además se pudo constatar que las intensidades más altas se daban para la posiciones B de estas líneas.

En general el tono hedónico mostró en los monitoreos, que el olor curtiembre fue fácilmente notable y que fue calificado por los panelistas en los dos lugares como desagradable.

Según este estudio se observa que hay repetitividad y reproductividad en la medida de los parámetros del olor cuando la emisión de los gases son continuos, lo que hace ideal esta metodología para la medición de la molestia olfativa en los sitios receptores.

Referencias bibliográficas

- [1] Van Harreveld, A.P., 2003, "Odour Regulation and the History of Odour Measurement in Europe", Barcelona, Spain, pp.54-61
- [2] Capelli L, Sironi S, Del Rosso R, Centola P, Grande M II (2008) A comparative and critical evaluation of odor assessment methods on a landfill site. *Atmospheric Environment* 42, 7050-7058
- [3] NORMA ALEMANA VDI 3940 PARTE 2. Feb 2006, Medida del impacto de olor por inspección de campo del impacto de la frecuencia de olores reconocibles- medida de la pluma. Pag 24, Alemania.
- [4] Jacobson L., Hetchler B., Schmidt D., Nicolai R., Heber A., Ni Ji Quin, Hoff S., Koziel J., Zhang Y., Beasley D., Parker D., Quality Assured Measurements of Animal Building Emissions: Odor Concentrations *Journal of the Air & Waste Management Association*, EU, Volume 58 Jun 2008, Pg. 806-810.
- [5] Güvener H., Investigation of Odorous Emissions and Immissions in Ankara With Olfactometer, Trabajo de Grado, Turquía, July 2004
- [6] Brandt, R.C.; Johnston, T.E.; Toffey, W.; Golembeski, J., Use of Field Olfactometry for Quantification of WWTP Dewatering Facility Odor Emissions, *WEFTEC*, 2009:, pg. 4644-4661
- [7] St. Croix Sensory, Inc. 1997. Measuring and Quantifying Odors. American Society of Agricultural Engineers Continuing Professional Development Course #17. Minneapolis Convention Center. August 13, 1997.

- [8] Zarra T., Naddeo V., Giuliani S., Belgiorio V., Optimization of Field Inspection Method for Odour Impact Assessment, Chemical Engineering Transactions, Italia, Vol 23, 2010
- [9] Zhang Q., Feddes J.J.R., Edeogu I.K., Zhou X.J., Correlation between odour intensity assessed by human assessors and odour concentration measured with olfactometers, Canadian Biosystems Engineering Canada Vol 44, Pg 6.27- 6.32.
- [10] McGinley C., McGinley D., Odor Basics: Understanding and Using odor Testing, St. Croix sensory Inc, Hawaii Jun 2000
- [11] Madany A., Chee-Ruiter C., Hofmann U., Bowe J, Quantifying olfactory perception: mapping olfactory perception space by using multidimensional scaling and self-organizing maps, ELSEVIER, 2002 Pg 591 - 597
- [12] GUIDELINE ON ODOUR IN AMBIENT AIR / GOAA, Determination and assessment of odour in ambient air. [en línea]. Alemania: GOAA, 1999. [consulta: 10 de junio 2010] <Disponible en: http://www.lanuv.nrw.de/luft/gerueche/GOAA_200303.pdf>
- [13] SOCIOENGINYERIA S.L. Normativas: criterios de molestia por olores.[en línea]. Estados Unidos: Socioenginyeria S.L., 2006. [consulta: 14 de abril de 2010] <Disponible en: <http://www.socioeng.com/wordpress/wp-content/uploads/2006/08/criteriosmolestiamalosolores-2006.pdf>>
- [14] Comité Europeo de Estandarización, NORMA ESPAÑOLA CEN 13725:2003. Calidad del aire Determinación de la Concentración de Olor por Olfatometría Dinámica. [Recurso electrónico].

Dirección de los Autores

Frank Eddilson Ospina Giraldo
 Grupo de Investigaciones Ambientales
 Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín - Colombia
frank.ospina@upb.edu.co

Gloria Estella Ramírez Casas
 Área Metropolitana del Valle de Aburrá, Medellín - Colombia
gloria.ramirez@metropol.gov.co

Maria Victoria Toro G.
 Coordinador Grupo de Investigaciones Ambientales
 Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín - Colombia
victoria.toro@upb.edu.co